

소형 HDD용 스피들 모터의 전자계 설계 및 특성 연구

서 정 무, 정 인 성, 성 하 경
 지능메카트로닉스 연구센터, 전자부품연구원

Design of Spindle Motor for Small HDDs

Jung-Moo Seo, In-Soung Jung, Ha-Gyeong Sung
 Intelligent Mechatronics Research Center, Korea Electronic Technology Institute

Abstract - This study is for a design of a spindle motor for 1.8 inch hard disk drives(HDDs). Equivalent magnetic circuit model is applied for a basic design of the motor, a specific configuration design and magnetic distribution characteristics are confirmed using finite element analysis. Besides, thrust forces generated between rotor and stator core and thrust pad are calculated for pressure analysis of fluid dynamic bearings.

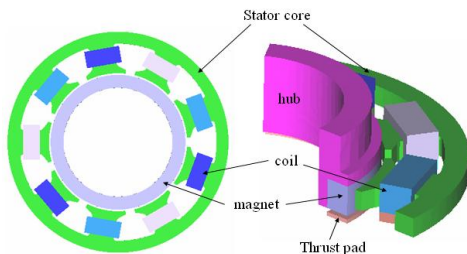
1. 서 론

하드 디스크 드라이브(HDDs)는 대표적인 정보저장장치의 하나로서 최근 다양한 정보기기의 등장과 함께 그 활용성이 제입증 되고 있다. 플래시 메모리의 용량증가 추세에 밀려 어느 정도의 시장잠석이 예상되거나 실제로 발생되기도 하였지만, 소형화 및 대용량화 기술개발, 그리고 플래시 메모리에 비해 낮은 가격 특성 등을 살려 적용 가능성을 높이고 있다. 기존 PC용으로 이용되었던 3.5인치 HDD에 이어 소형 데스크탑이나 노트북용 2.5인치 HDD시장이 크게 활성화 되었고, 이어 1.8인치와 1인치 이하의 HDD개발이 완료되어 출시되기도 하였다. 하지만 1인치 이하의 HDD는 용량면에서 플래시 메모리와 커다란 차별성을 갖지 못하여 시장 점유율을 크게 올리지 못하고 있다. 반면 PMP(Portable Multimedia Player)나 네비게이션, MP3 Player, 초소형 노트북을 중심으로 1.8인치 HDD 탑재가 활발하게 이루어지면서 100GB 이상의 제품이 출시되기 하였다. 고성능의 HDD는 용량뿐 아니라 정보처리속도가 중요한 성능지표로 작용한다. 스피들모터는 HDD의 속도를 결정하는 물리적 기본바탕 중 하나로서 고속에서의 모터의 안정적인 동작 특성은 HDD의 성능과 직결된다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 5,400rpm급 1.8인치 HDD용 스피들 모터의 전자계 설계에 관하여 기술한다. 등가자기회로 모델을 이용하여 모터를 설계하고 유한요소 해석을 통해 세부사양 및 특성을 확인하였다. 이와 함께 유체동압베어링(Fluid Dynamic Bearing)의 원활한 동작을 위한 샤프트와 스러스트 패드(Thrust Pad)사이의 예압을 해석하고 분석하였다[1].

2. 본 론

2.1 전자계 해석을 통한 스피들 모터의 설계

그림 1은 제안된 스피들 모터의 외형도이다. 12극 9슬롯의 내전형 BLDC타입으로 HDD의 전체 사이즈를 감안하여 모터의 외경은 20mm 이내로 제한을 두었다. 등가자기회로 모델을 통하여 목표사양에 부합하는 전자계 해석을 수행하였으며 이에 따라 결정된 모터의 주요 설계치는 표 1에 나타내었다.

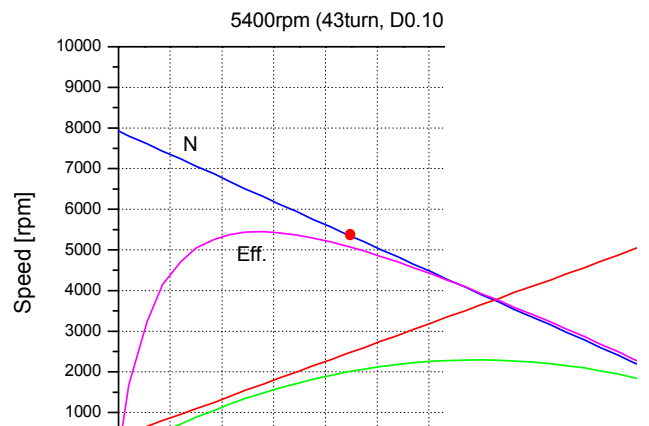


<그림 1> 스피들 모터의 외형도

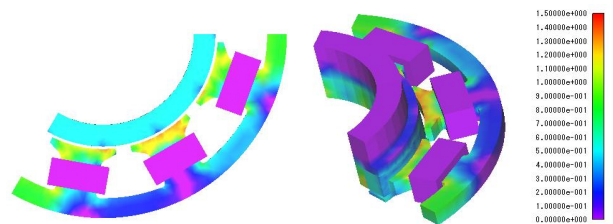
<표 1> 스피들 모터의 기본설계 사양

극수	12	영구자석 타입	Nd_bonded
슬롯수	9	영구자석 두께 [mm]	1.5
코어 외경 [mm]	19	코일 선경 [mm]	1.0
코어 두께 [mm]	1	코일 턴수	43

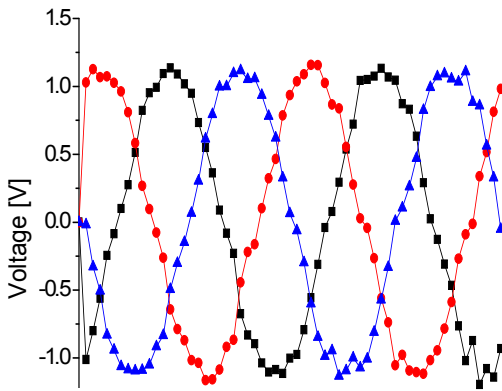
그림 2는 설계된 스피들 모터의 등가자기회로 해석결과를 나타낸다. 저장용량의 증대를 위한 복수의 플레터와 베어링의 마찰손 등을 고려하여 목표속도 5,400rpm에서 0.08mNm 이상의 토크특성을 감안하여 설계하였으며 입력전류는 70mA 이하로 진행하였다. 이후, 자계 분포와 비선형성 등 가설계된 모터의 보다 정확한 특성을 확인하고 세부 형상을 구체적으로 결정하기 위하여 유한요소해석을 실시하였다. 그림 3은 해석모델의 표면자속밀도를 나타내는 것으로서 각 미소부위별 자속분포 및 포화특성을 예측할 수 있다. 두 상의 코일에 각각 전류를 인가하고 로터를 회전하면서 부위별 자속밀도를 해석한 결과, 코어의 치 끝부분에서의 국부적인 포화를 제외하고는 특정영역에서의 자속포화는 발생하지 않았다. 그림 4의 (가)는 선간역기전력 해석결과로서 5,400rpm의 속도에서 1.2V(0 to peak)의 전압을 얻을 수 있었으며, 이는 예상되는 인가전압 3V에서 목표속도 5,400 rpm으로 충분히 기동 및 구동이 가능할 것으로 판단된다. 모터의 두 상에 각각 70mA의 전류를 인가한 후 정토크를 계산한 결과를 그림 4의 (나)에 나타내었다. 전류의 스위칭 주기를 고려하여 발생하는 토크의 크기를 대략적으로 분석하였을 때, 토크상수는 1.42mNm/Amp 이상의 크기를 갖는 것을 알 수 있으며 이는 정격전류에서 약 0.1mNm정도의 토크를 얻을 수 있을 것으로 예상 가능하다. 그림 4의 (다)는 코깅토크 결과를 보여준다. 상기와 같은 해석결과를 종합해 볼 때 제안된 모델은 해당 목표 사양에 부합되는 타당한 설계 자료로 사료된다.



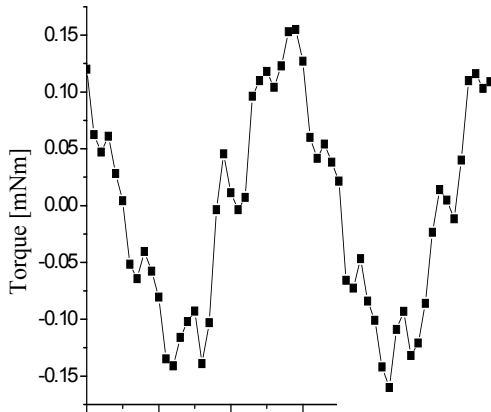
<그림 2> 등가자기회로모델을 이용한 설계 모터 N-T-I 특성



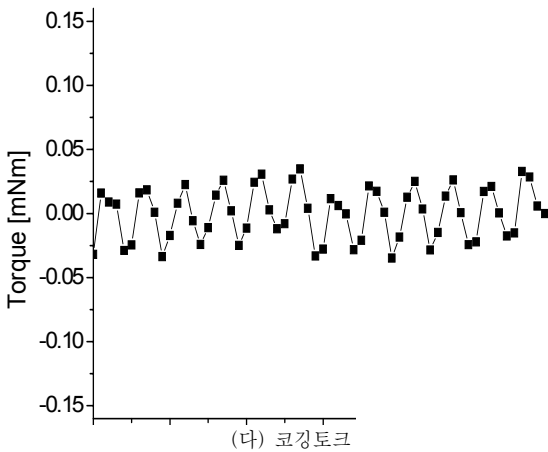
<그림 3> 표면자속밀도 해석결과



(가) 선간역기전력 (5,400rpm 구동시)



(나) 정토크 (2상 구동 70mA 인가시)

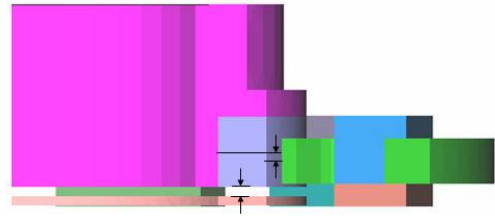


(다) 코깅토크

<그림 4> 표면자속밀도 해석결과

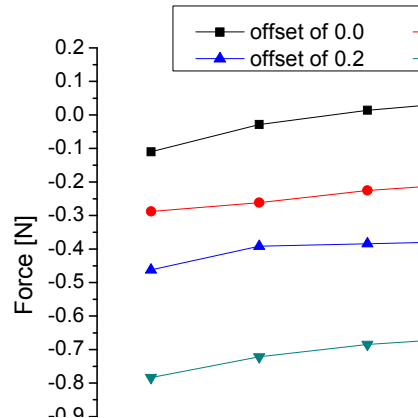
2.2. 흡입력 해석

HDD용 스피들 모터는 동작의 정속성과 안정성, 진동저감 등을 위해 볼베어링 대신 저널 베어링과 쓰러스트 베어링이 결합된 유체동압베어링을 축계에 이용하게 된다. 쓰러스트 베어링의 경우 회전자의 원활한 동작을 위해 축방향으로 적절한 압력이 요구되어 지는데 이는 회전자 하단에 별도의 패드를 설치하거나 영구자석과 스테이터 코어의 상대 위치 차이에 의해 조절할 수 있다[2]. 본 연구에서는 그림 5와 같이 두 설계 변수에 의해 발생하는 흡입력을 해석하였다. 정격전류를 인가한 상태에서 영구자석과 허브 케이스를 회전시키면서 회전자에 발생하는 축방향 힘을 계산하고 그 평균값을 그림 6에 나타내었다. 해석결과 영구자석과 스테이터 코어의 상대위치(offset)가 증가할수록, 쓰러스트 패드와의 거리가 가까울수록 발생력이 커지는 것을 확인할 수 있었다.



<그림 5> 발생력 해석을 위한 설계변수

- 1) 영구자석과 스테이터 코어 사이의 상대위치
- 2) 영구자석과 쓰러스트 패드 사이의 간격



<그림 6> 영구자석과 스테이터 코어, 쓰러스트 패드의 위치에 따른 발생력 해석

3. 결 론

본 논문은 1.8인치 하드 디스크 드라이브용 스피들 모터의 설계에 관한 것이다. 제안된 모델은 정격속도 5,400rpm을 갖는 내전형 타입의 BLDC모터로서 등가자기회로와 유한요소해석을 이용하여 목표 사양에 적합한 모터를 설계하였다. 이와 함께 유체동압베어링의 원활한 동작을 위한 회전자와 고정자 사이의 발생하는 흡입력을 해석하고 분석하였다. 향후 실험적 검증 등을 통해 본 연구결과와 이론적 타당성을 확인하여 소형 스피들 모터의 설계 및 해석에 참고자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Takafumi Asada, Hirosaki Saitou, and Daisuke Itou, "Design of Hydrodynamic Bearing for Mobile Hard Disk Drives", IEEE Trans. Magn., vol. 41, No. 2, 2005
- [2] 서정무, 류세현, 정인성, 성하경, 양국현, "HDD용 스피들 모터의 쓰러스트 힘 해석", 대한전기학회 추계학술대회, 2005